

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1. 1 LATAR BELAKANG**

Penerapan teknologi *Brushless Direct Current* (BLDC) banyak digunakan dalam sektor industri strategis yang menuntut efisiensi energi dan densitas daya tinggi, mulai dari kendaraan listrik, robotika presisi, hingga sistem propulsi aeronautika. Keunggulan fundamental motor BLDC yang meliputi efisiensi konversi energi yang tinggi, rentang kecepatan operasional yang luas, serta kebutuhan perawatan yang minimal menjadikannya solusi yang banyak diadopsi untuk menggantikan motor induksi maupun motor berbasis sikat konvensional dalam aplikasi dinamis (Mohanraj et al., 2022; Singh, 2024; Tosun et al., 2021; Usman et al., 2016). Seiring dengan tren miniaturisasi sistem elektromekanis, permintaan terhadap motor BLDC berperforma tinggi seperti varian T-Motor Seri U 12 II 60 kV semakin meningkat karena kebutuhan akan aktuator yang tidak hanya kompak tetapi juga mampu beroperasi secara andal dalam spektrum beban dan kondisi lingkungan yang fluktuatif (Chițu et al., 2018; Kanase et al., 2025; Vedadi, 2025). Berbagai inovasi termasuk pengembangan material magnetik baru, strategi kendali sensorless, dan algoritma cerdas terus dilakukan untuk memperluas batas kapabilitas motor ini dalam ekosistem otomasi *modern* (Akram & Aljanabi, 2024; Awaar et al., 2023; Castro et al., 2018).

Kendati demikian, keandalan operasional motor BLDC sangat dipengaruhi oleh interaksi kompleks antara tiga parameter fisik utama yaitu

getaran mekanis, manajemen termal, dan emisi akustik. Fenomena getaran dan kebisingan pada motor ini umumnya timbul akibat gaya radial elektromagnetik non-torsi (*unbalanced magnetic pull*), serta harmonisa arus beban yang memicu resonansi struktural sehingga berpotensi menurunkan kenyamanan dan memperpendek umur pakai komponen mekanis (Batra et al., 2023; Lee et al., 2017; Manjunatha & Kirankoushik, 2023; Saiteja & Ashok, 2024). Secara simultan, aspek termal memegang peranan krusial karena akumulasi panas pada *stator winding* dan magnet permanen dapat menyebabkan degradasi performa yang *irreversibel* terutama saat motor beroperasi di bawah beban puncak (Du et al., 2022; Palanivel & Padmanabhan, 2018; Saemi & Benedict, 2022). Efisiensi disipasi panas yang dipengaruhi oleh desain lilitan dan material isolasi berkorelasi langsung dengan integritas sistem, sementara tingkat kebisingan motor merupakan manifestasi akustik dari interaksi gaya elektromagnetik dan respons struktur mekanik terhadap variasi beban yang sering kali menjadi indikator awal adanya anomali performa (Qiu et al., 2022).

Meskipun literatur terkini telah menyajikan tinjauan luas mengenai teknologi BLDC, fokus penelitian yang ada cenderung terkonsentrasi pada ranah elektrikal khususnya optimalisasi algoritma kendali (Akram & Aljanabi, 2024; Mohanraj et al., 2022). Mayoritas studi memprioritaskan perbandingan metode *Field Oriented Control* (FOC) dengan kendali histeresis atau penerapan logika *fuzzy* untuk mitigasi harmonisa sinyal. Pendekatan tersebut memang berhasil meningkatkan kualitas daya namun sering kali mengabaikan validasi terhadap respons fisik mekanikal motor itu sendiri (Jomsa-Nga et al., 2024; Rajan & Vasantharathna, 2010). Di sisi lain, investigasi aspek termal umumnya

masih didominasi oleh pendekatan pemodelan numerik dan simulasi komputer untuk desain konseptual yang sering kali menggunakan asumsi ideal dan belum sepenuhnya merepresentasikan perilaku nyata motor spesifik di bawah pembebanan dinamis (Saemi & Benedict, 2022). Kesenjangan penelitian yang signifikan terlihat pada minimnya validasi eksperimental yang mengintegrasikan pengujian vibrasi, profil termal, dan tingkat kebisingan secara simultan dalam lingkungan yang terisolasi dari gangguan eksternal atau *Anechoic Chamber* (Kocwa et al., 2025).

Ketiadaan data referensi eksperimental yang presisi di lingkungan terkontrol ini menjadi celah krusial untuk memastikan standar operasional motor pada aplikasi yang menuntut keandalan tinggi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk melakukan uji eksperimental secara komprehensif terhadap dinamika getaran, profil termal, dan tingkat kebisingan motor BLDC T-Motor U 12 II 60 kV terhadap variasi beban dalam kondisi terkontrol. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi data referensi penting yang memandu optimasi desain, strategi manajemen termal, dan mitigasi *noise* untuk meningkatkan keandalan sistem pada aplikasi UAV dan kendaraan listrik berkinerja tinggi.

## **1. 2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan di atas, maka dapat dirumuskan beberapa masalah, antara lain :

1. Bagaimana karakteristik respons multifisika yang meliputi getaran mekanis, profil termal, dan emisi akustik pada motor BLDC tipe *outrunner* (T-Motor U 12 II 60 kV) saat diberikan variasi pembebanan menggunakan *magnetic brake*?

2. Bagaimana korelasi antara kenaikan suhu operasional pada permukaan *casing* motor terhadap intensitas getaran dan tingkat kebisingan motor di lingkungan mini *anechoic Chamber*.

### 1.3 Batasan Masalah

Dalam menghindari suatu kesalahpahaman yang ada pada penulisan dan melebarnya permasalahan. Agar terfokusnya penelitian ini dan tidak meluas, maka penulis menetapkan batasan masalah sebagai berikut:

1. Motor yang diuji adalah *Brushless Direct Current* (BLDC) tipe *outrunner* dengan model spesifik T-Motor U 12 II 60 kV.
2. Pengambilan data dilakukan di dalam *mini anechoic chamber* untuk mengeliminasi gangguan kebisingan eksternal (*background noise*) dan meminimalkan refleksi gelombang suara.
3. Pemberian beban pada motor dilakukan menggunakan mekanisme *magnetic brake* untuk menghasilkan torsi yang terukur dan stabil, bukan menggunakan beban aerodinamis (*propeller*).
4. Variabel terikat yang dianalisis dalam penelitian ini terbatas pada tiga parameter fisik utama, meliputi respons getaran mekanis pada struktur motor, distribusi suhu pada komponen kritis *casing*, serta tingkat tekanan suara atau emisi kebisingan yang dihasilkan motor.
5. Getaran yang dianalisis diasumsikan berasal dominan dari motor, dengan upaya minimalisasi getaran akibat *misalignment* poros antara motor dan *brake* melalui penggunaan *flexible coupling* yang presisi.

#### **1. 4 Tujuan**

Berdasarkan rumusan masalah dan batasan masalah yang telah dijabarkan, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan karakterisasi eksperimental secara komprehensif terhadap parameter getaran, distribusi suhu, dan tingkat kebisingan motor BLDC T-Motor U 12 II 60 kV pada kondisi lingkungan terkontrol.
2. Menganalisis korelasi kuantitatif antara parameter termal, mekanikal, dan akustik saat motor beroperasi di bawah beban yang bervariasi.
3. Menyediakan data referensi eksperimental yang presisi mengenai perilaku fisik motor BLDC untuk mendukung standar operasional pada aplikasi yang menuntut keandalan tinggi, seperti kendaraan listrik dan UAV.

#### **1. 5 Luaran**

Pelaksanaan tugas akhir ini akan menghasilkan luaran sebagai berikut:

1. Laporan Tugas akhir
2. Analisis data pengujian performa BLDC T- Motor U12 II 60 kV yang terdiri dari pengujian getaran, kebisingan dan termal.
3. Artikel Ilmiah